

1. はじめに

SP-600-J22(本機といいます)をレストアしました。

せっかく動作するようにしたので、実際に交信に使ってみたいと考えました。SSB/CWです。

現状でも聞こえないことはありませんが、何しろ60年も前に設計、製作された機械なので、SSB/CWを受信しようとするとうまく掛かりません。

それで、SSBを受信しやすくなるようなアダプタを作ってみました。

結構手間が掛かっています。今さら何を好きこのんで手間をかけるかと問われると、そんな気になったからとしか答えようがありません。

また、回路を専用化したりジャンクの部品などを多用しているので、他の種類の受信機などに付加する場合は回路、部品などの変更／調整が必要と思われます。

2. SSBを受信する場合の問題点

1) 第一局発、BFOともに周波数安定度が不足。

60年前の受信機の割にはすばらしい安定度ですが、SSBを受信するにはやはりちょっと不足です。

2) 周波数がわかりません。

7MHzあたりでの周波数目盛りは50kHz間隔です。線間を補間しても10kHz位の精度でしか周波数は読み取れません。SSBではちょっと不足です。

3) 専用検波回路が無い。AM検波器にIF信号とBFOを混合してSSBを復調しますが、IF信号レベルがとて高いので、BFO出力を増幅してありますがまだIF信号が過多です。歪を少なく復調するためにはRFゲインを絞ってIF信号を十分下げなければなりません。

4) AM受信時以外AVCが動作しない。

AVCの整流回路にBFOのキャリアがまともに入力されるような回路構成のために、AVC onでBFO動作させるとBFOのキャリアが整流されてAVCがかかり、また、Sメータが振れっぱなしになります。従って、BFOを動作させる場合はAVC offにしなければなりません。そして信号の強弱に応じてゲイン調整をしないとまともに受信できません。

5) 近くに他局が出てくると混信する場合があります。

IFTで選択度が決まっているのでどうしてもスカート特性が十分でなく、SSBの如く3kHzセパレーションでは混信が発生します。

実際に使用していて一番困るのが3)です。AVC無し状態でSSBを受信する機会はめったに無いと思いますが、不便なものです。(MVCのモード或いはAGCoffの機能はほとんどの機械には付いていますが、SSB受信時に使うことは無いでしょう)

3. どうするか(方法)

いろいろと案は考えられると思いますが、実現性なども考慮して次のような方法が考えられます。

1) 最近流行のAFCを付加する。

2) 周波数カウンタを付けて、デジタル読み取りとする。

3) プロダクト検波を追加する。

4) SSB/CWでも動作するAVCを付加する。

5) 適当なIFフィルタを付加する。

4. SP-600の入出力信号

本機に付加するSSBアダプタを作るに当たっての、関係しそうな入出力信号です。
可能な限り本体に手を加えることは避けたいので、正式な端子(?)の信号を使用したい。
次のような端子があります。

1) IF out

455kHzIFの2段目の出力がカソードフォロワ(CF)によるバッファを経て、コネクタに出力されています。
ただし、本機はこの部分が改造されていて、本来付いているトランスが付いていませんでした。
アダプタに必要なレベルは小さいので、外付け抵抗によるアッテネータに変更しました。

2) AVC

AVCのラインが端子に接続されています。

3) Diode out (検波出力)

AM用2極管検波の出力です。通常は4)とジャンパで接続されています。

4) Audio in

オーディオアンプの入力です。

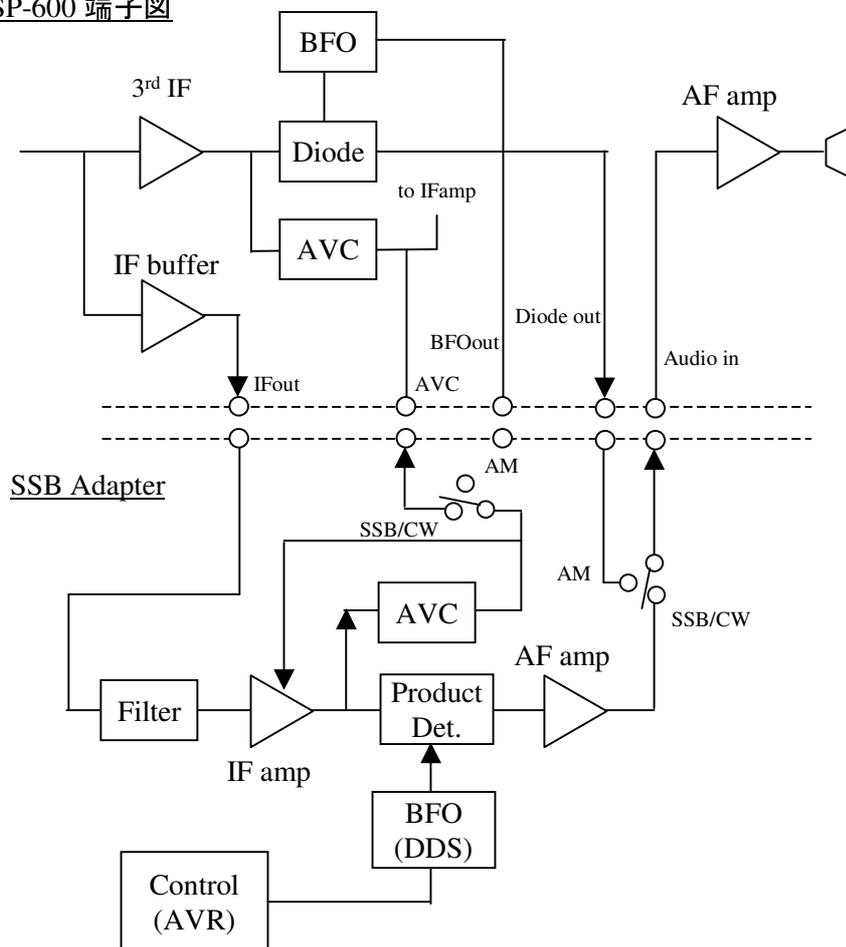
5) BFOout

本機に付いています。-JX等には回路もコネクタもありません。本機は回路図が無いのでどのように発振出力が取り出されているのかは知りません。(調べれば解りますが、調べていません)

これらの信号を使用してアダプタを構成します。

(最終的にはSP-600内部のBFOは、アダプタには使用しませんでした)

SP-600 端子図



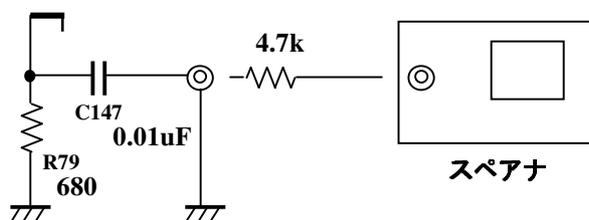
5. 予備調査

各信号のレベルを測定します。いちおう本機限定とします。他のSP-600がどの様か知りませんが、まあ大差ないでしょう。あったとしても定数を若干変更するくらいで対応できそうです。

1) IFout のレベル

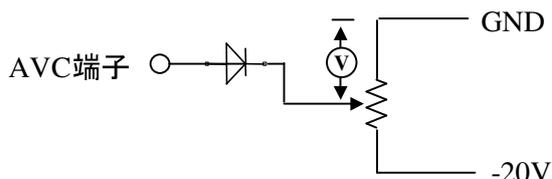
出力をスペアナで測定しました。AVCをonにして単一キャリアを受信した時の値です。最初から信号減衰の目的で、抵抗が直列に入れてあります。

IF帯域 (kHz)	レベル (dBm)
3	-29
8	-25
13	-25



2) AVC の効き方

できればモニタしたいので、送信時にカットオフできるバイアス電圧ぎりぎりの値を測定しておきます。AVC端子にダイオードを通して電圧を印加します。70W程度の出力で送受信し、現状のアンテナからリレー1回路で切っただけでは-10Vではスピーカから音が出ます。-14Vまで下げると無音になります。現状では-14Vは必要です。(私の場合です。条件によって大幅に変わります)



3) Audio関係

リアパネルのDiode outputの端子に於いて、端子をショートした状態(回路図の表示されている状態)の電圧を10M Ω プローブのオシロスコープで測定し、20V_{p-p}(AMラジオ受信時)。

このときAudio Gainの目盛り“4”で、スピーカで通常聞く音量でした。(600 Ω => 8 Ω トランス付き)

※注: AVCのスレッシュホールド電圧を決める抵抗(V14の5pin、R66)は18k Ω // 10k Ω (改造)。

AVC onで測定。

4) BFOoutのレベル

コネクタの出力をそのままスペアナに入力して-6dBm。100 Ω を直列に入れて-8dBmでした。

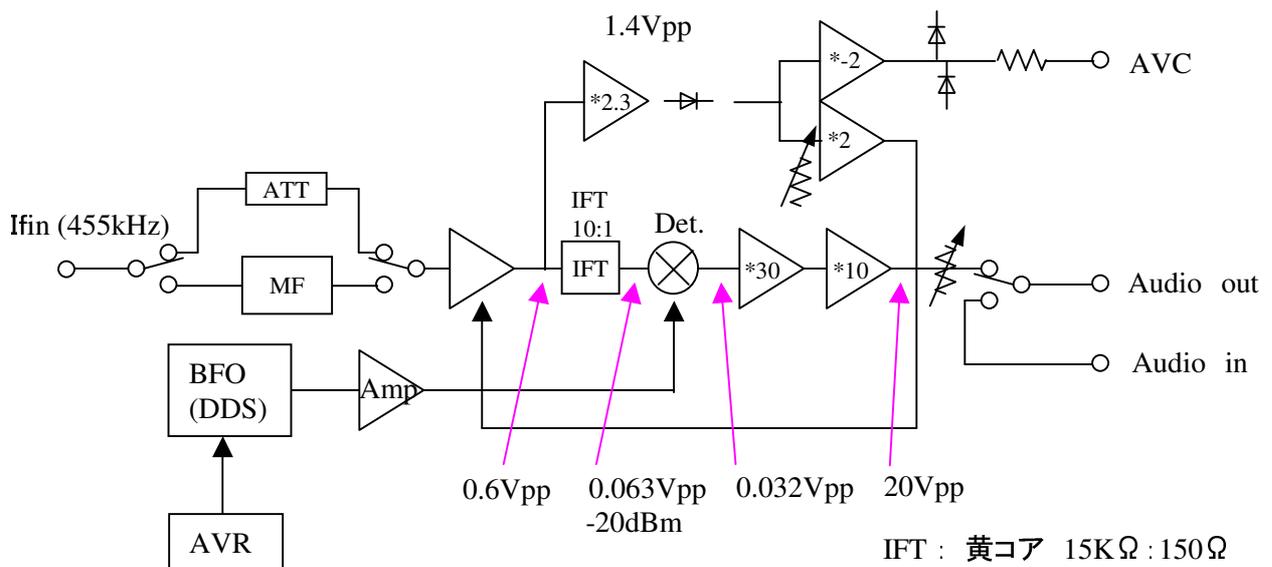
6. アダプタのブロック図

前述の方針、調査データなどにさらに条件を設定しました。

- 1) 第一局発の安定化はそれだけで1つのテーマになりますので、別に考えます。
- 2) 周波数の読み取りも1)と同様とします。
- 3) SSB用の復調回路を搭載します。 色々な回路がありますが今回はダイオードDBMを使用します。
SSBの復調では、ミクサほどの高性能は必要とされないのと手持ちがあったためです。
使用したDBMのIP3は規格では+15dBm位なので、入力レベルは最大-20dBmとしました。
- 4) SSB用のAVCの回路を付加し、使用時にはアダプタから本体のAVCを制御します。
本体でのAVCが動作しているのですが、AVC回路はインピーダンスが高いのでアダプタからのAVC電圧を低いインピーダンスでAVCラインに接続して強制的にアダプタのAVC電圧にしてしまいます。
AM受信のときは高インピーダンスを保つために、電氣的にAVCラインを切り離します。
- 5) 選択度向上のためにIFにフィルタを用います。 中心周波数455kHzでSSB帯域の国際のメカニカルフィルタがあったのでそれを使用します。
- 6) 本機のAM検波出力が最大20Vp-p程度なので、SSBの復調出力もそのレベルまで増幅します。
- 7) IFフィルタと復調回路の間に、IFアンプを入れました。
IF出力のレベルは十分高いので、そのまま使っても良いのですが、アンプがあるとIFフィルタの入力レベルがその分下げられ、歪の点で有利かと考えます。(フィルタの歪特性は測っていませんが・・・)
また、このアンプにはAVCをかけました。
- 8) BFOはアダプタに内蔵します。 DDS を使います。
IFアンプの最終段とBFOバッファの真空管のプレートが直接接続されています。(後出回路図)
これではBFOをonさせたときにAVC電圧が発生することを止めることができないために、BFOを内蔵しました。 それに本体のBFOの周波数安定度も少し不足でした。
- 9) DDSはAD9832です。 アキュムレータが28bitですが、455kHzあたりで使うので問題ないと思います。
比較的安価で、ローパワーなのが特徴です。 設定はシリアル信号で行うので、AVR+BasicCompilerでプログラムします。

少し詳細なブロック図はこのようになりました。

(レベルは設計時点の目安です。 最終的には変わる場合があります)



7. 実際の回路

回路を決めるために少しデータをとったり考えたりしました。

最終的な回路はこのようになりました(後出)。普通の受信機のIF・検波回路です。

(※回路図はあくまでも参考です。図はレポート執筆時点の回路で、変更なども発生します。

努力はしていますが、回路ミスや値の違いなどが無いという保障はありません。ご了承ください)

1)メカニカルフィルタ単体の入出カインピーダンスがわからなかったのが、FRMSと可変抵抗を使って実際に特性を測定し、形の良くなる値を決めました。FRMSが活躍しました。

2)IFアンプはQSTに載っていた、かのW7ZOIの回路を使って見ました。可変ゲインのアンプであれば2SK241でもDualGateFETでも良いのかもしれませんが手持ちにありませんでしたので、試してみてなめらかにゲインが変化できるのでこれに決めました。

メカフィルを付加したトータルのIFゲインは、最大10dB強くらいです。

3)電源はマイナス電圧が必要なので±両電源としました。電流をあまり消費しないので半波整流です。

4)いちばん困難が予想されるAVCはあとでいろいろと試行錯誤がしやすいようにしてあります。

①アダプタのIFアンプ、②アダプタからの本機に与えるAVCなど、単独に調整できます。

しかしAVCは特性の違った系をコントロールしなくてはならないのでどうしたらよいのかわかりません。

本当でしたらそれぞれの特性などを調べて考えないといけません、複雑なので調べていません。

5)Sメータは本体のメータを共用することも考えましたが、本体のメータは検波電流を測定するタイプで、アダプタのAF出力にAVCの電圧を重畳しないとけません。できないことはありませんが回路が多くなるのと、本体のメータの目盛りとアダプタ使用時における目盛りの関係を合わせるも大変です。ちょうどジャンク箱から良さそうなレトロなメータがでてきましたので外付としました。

8. 構造

パネルの様子、写真を後に載せてあります。

相変わらず、パネルの刻印などはありません。

9. 調整

9.1 レベル設定

いくつかレベルを決めないといけない点があります。

1)BFOの注入レベル

復調用DBMのBFOレベルは、アッテネータの測定点をオシロスコープで波形観測して3Vpp程度以上(13dBm)の電圧になるようにします。455kHzなのでうちのボロなオシロでも電圧が測定できます。

2)AFアンプの増幅度

オーディオゲインを聞きやすい音量に設定しておいて、AM放送を受信したときと、SSBを受信した時と同じくらいの音量になるようにアダプタのAFゲインを設定します。

3)IFゲインの設定

所定のゲインになるようにIFのゲインVRを設定します。今回は最大ゲインとしています。

9.2 AVC関係

AVCについては前述のように良く解らないのでカットアンドトライを行います。

SSBやCWが聞きやすいように値を決めます。

1)時定数を決めるコンデンサ。

2)立ち上がりを決める抵抗。

3)AVCのアンプのゲイン

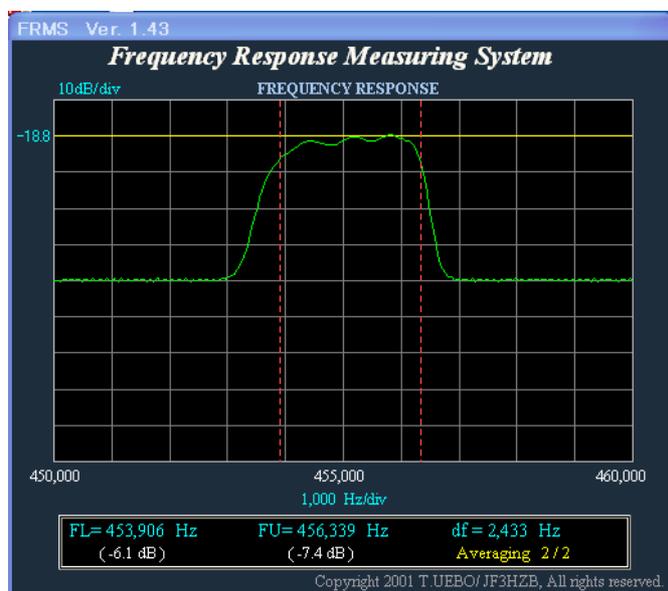
4)アダプタのIF信号のレベル

私のアダプタでは試行錯誤の結果回路図のような値になりました。最良かどうかはわかりません。

10. 測定

受信機としていろいろな項目があると思いますが、測定器も持っていないので今回は取得しません。

1) メカニカルフィルタを使っているので、FRMSでその特性を見ました。

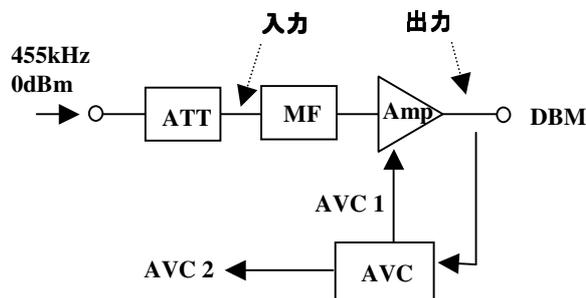


頭の部分だけです。AGCがかからないような低いレベルで測定したため、ダイナミックレンジがとれませんでした。

あんまり良い特性ではありません。

2) アダプタの入出力

入力(dBm)	出力(dBm)	AVC1 (V)	AVC2 (V)
0	-19	1.97	-4.34
-10	-19	2.6	-3.65
-20	-19	3.46	-2.75
-30	-22	5.07	-1.04
-40	-32	5.07	-1.04



この表は参考です。IFアンプやAGCアンプのゲインを変えたりするともうこの表は役に立ちません。単に値を測ってみたいというだけです。まあ、AVCは動作しているなあという確認です。

11. アダプタを付加した結果

11.1 改善された点

1)元はAVCが無いので、信号に大きい強弱があるとその度にマニュアルゲインコントロールのつまみを調整しなければ良好に受信できませんでしたが、アダプタを付けてからつまみを触らずに受信できます。弱い信号の局が混じったラウンドQSOも、快適です。

2)本体の改造は無しで実現できました。

3)昔の受信機のほとんどがBFOをonすると、その出力でAVCが動作するような回路になっているので、SSBやCWの受信にAVCを使うことができませんでした。今回のアダプタではBFOを内蔵しているので問題ありません。

4) BFOにDDSを使ったので当たり前ですが、LSB/USB/CWの切替が瞬時にできて再現性が良い。

5)IFフィルタをパスできるようにしたので、SSBもオリジナルのIFTのみで受信できます。

11. 2 改善したいと思う点

1) 強力な信号の時にサンプが感じられます。SSB/CW用のAVCはファストアタック/スローリリースということになっていますが、今回AVCのアタック時の波形をなまらせてあります。多分あまり立ち上がりが早いとオーバーシュートが発生して、サンプになるのでしょう。

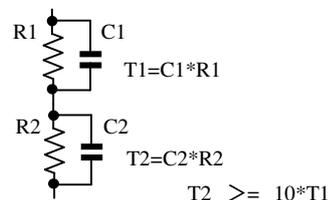
値はちょっと大きいような感じもしますが、このくらいの値にしないとサンプが発生して聞きにくい状態です。こんな大きい値は今まで見たことがありません。AVCがいくつも重なっているのが影響しているのかもしれませんが。

2) 受信音が少し歪っぽいがする。アダプタを付加して格段に良くはなっていますが、もうちょっとという感じがあります。

これらは手をつけると時間がかかりそうなので、また気分が乗ったときに改善したいと思います。

12. 感想およびその他のこと

1) 2重時定数という回路があって、短いパルスはすぐに、長い信号はゆっくりとリリースするように動作することになっています。やってみました。11. 2 1)での波形のアタックと重なってうまくゆきません。短い時定数がひとつあるだけのような感じになってしまいました。こういうのはどこが悪いのでしょうか。



2) 動作はまだ十分といえるほどではなくて、いきなり強い信号が入るとサンプするような時もありますがまあそこそこは動作しているという感じです。

AVCが2系統(本体とアダプタ)あるので、各系統のゲインを変えてみたり、時定数を変えたりすればよくなるかもしれません。今回は適当な所で妥協しています。

トータルの聞きやすさ、操作性は格段に上がっています。

3) IFアンプはカスコードタイプを使いました。このタイプはゲインを下げるとFETのドレイン電流・電圧が低下します。扱う信号が大きくなるとドレイン電流・電圧を下げるという動作になるので、歪の点でどうかちょっと疑問になります。私個人のイメージではゲインを下げる時には、S/Nの兼ね合いもありますが

① 抵抗で信号を消費させる。(AD603、PINダイオードのアッテネータなど)

② 出力を分割して、取り出す信号と捨てる信号の比を変える。(MC1350)

③ 動作点を移動する。ただしゲインを下げる場合に消費電力を大きくする。(フォワードAGC)

このような形式が良い様な気がしますが、単に個人のイメージなので正しいかどうかわかりません。

通常はA級増幅なので、消費電力が信号電力より十分(100倍、1000倍)大きく設定すれば回路形式には拠らないのでしょうか？

実際に測定すれば実証されますが、測定器が貧弱なため手間がかかりすぎるので実施していません。

本当はそういう所をひとつずつ実験・確認すべきですが……

4) 真空管の時代では選択度を良くするために、455kHzのIFをもう一度さらに低い周波数のIFに変換して増幅するアダプタがありました。(当時は50kHzの専用のIFTが市売されていました。約40年前ころ)同調回路のQが等しい場合には、周波数が低くなるほうが選択度が良くなる理由からです。

Q's'erと呼ばれていました。そんなことを思い出して調べて見ていましたら、私が見た回路ではやはりBFOをonにしたときはAVCがかからなくなるようになっていました。

5) SSB/CWが聞きやすくなったら、局発の周波数ドリフトが気になります。いつまでたってもじわじわ動きます。周波数にもよりますが、10分に1回とかダイヤルで補正しないと音調がずれて我慢できなくなります。

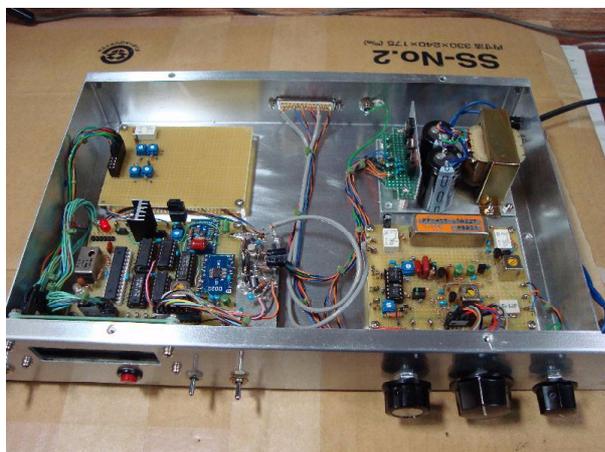
近頃昔のアナログトランシーバのL/C VFOにAFCを付けるのが有効な様ですが、第一局発可変のオールウェーブ受信機には、クリチカルすぎる様な気がします。でも一考の余地はありそうです。とても難しそうです。

- 6)SSBコンバータとして有名なものとして、TMC CV-591A、ハマーランド SPC-10,HC-10 また軍用CV157/URRなどがありました。インターネットで検索するとできます。CV157/URRなどは真空管が44本使われて、250W、50kgくらいだそうです。モーターでバリコンを回して周波数ドリフトをキャンセルするなど圧巻です。いずれもQ5'erのように、選択度を上げるために低い周波数にダウンコンバートしてプロダクト検波を行います。それとAGC回路やほかいろいろな機能が付いています。
- 7)YouTubeにHC-10(SSBコンバータ)とHQ-100A(ハマーランド製の高1中2の受信機)と接続して、14MHzのSSBを受信している動画がありましたが、現在でも使い物になる程度のレベルでした。9R-59単体とは、価格の差は考慮していませんが、見る限りでは性能は雲泥の差です。
- 8)いろいろと見てゆくと、やはりコリンズはさすがです。75A4が1950年代中頃の発売で、AGC、メカニカルフィルタ、プロダクト検波、パスバンドチューニングと現在の機械に付いている機能はすでにみんなあります。それに加えて、安定度が高く、且つ1kHzが直読できるPTOです。高価だったのですが、技術的には誠にすぐれていました。こんなアダプタを作りながら改めて感心しました。

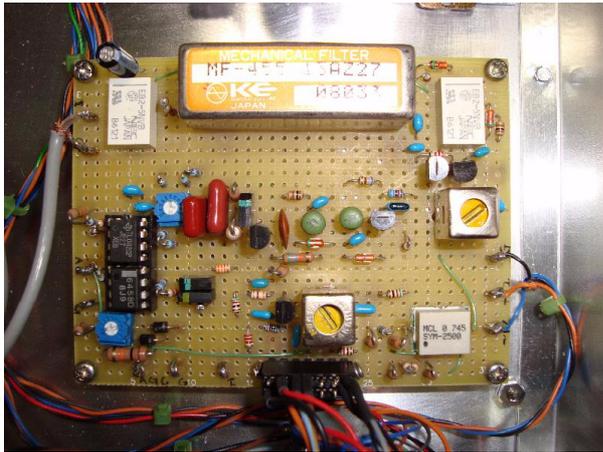
13. 写真



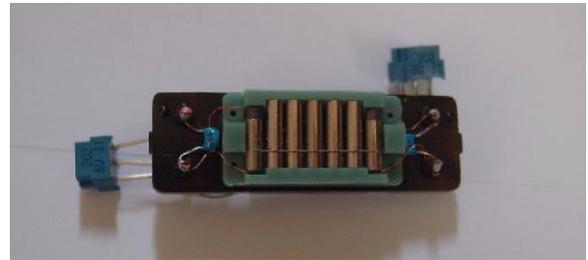
- ・SSBアダプタです。
- ・SP-600の上に置いてあります。
- ・相変わらず、パネルにレタリングなどは無く、また、色塗装もありません。
- ・右側の2段積みはAM/CW送信機(807single 10Wout)。上が送信機、下は変調器。
- ・直線がゆがんでいるのは、デジカメが古いためです。以下同様です。



- ・全体の様子です。シャーシは300*200*50 (mm)です。左端のメータが写っていません。
- ・左手前 : Fカウンタ/AFCボード。
- ・右手前 : SSBアダプタ。
- ・左奥 : メータのFS/Zero調整のVRのボード。どうしても他のボードに入りませんでした。
- ・右奥 : 電源部。

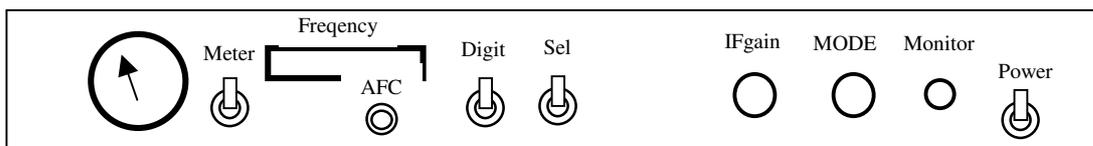


- ・SSBアダプタです。
- ・上部の2個の白い四角はフィルタ切替のリレー。
- ・右下の白い四角は検波用のDBM。
- ・左の2個の8pinICはAVCおよびオーディオのAmpです。



今回使ったメカニカルフィルタの内部。 どういう規格のものか分かりませんが、測定結果は前出です。素子を接続するワイヤが細くて頼りなげです。 昔使った10AZタイプとは違う構造です。10AZは円盤が並んでいました。

付1. パネル配置



メータ

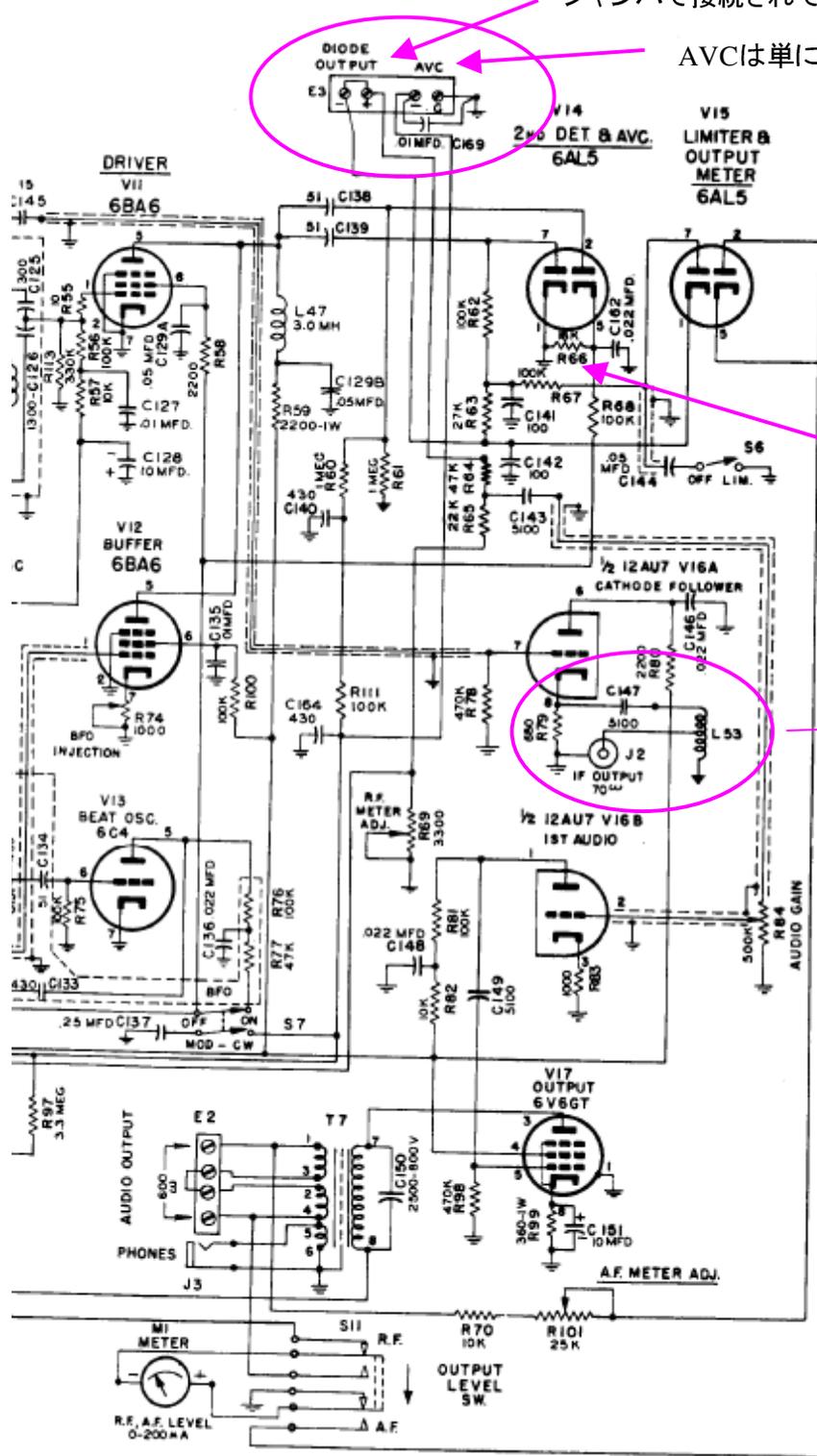
Meter	SメータとAFC電圧の表示の切替
Frequency	周波数表示
※AFC	AFC on/off
※ Sel	選択度切替(filter on/off)
※ Degit	AFC使用時の周波数の桁のまるめ (1k/100/off) この機能現在無し、SWのみ
IF gain	IFゲイン
MODE	AM-LSB-USB-CW切替
Monitor	送信時モニタレベル

※AFCについては後で追加しました。 別稿を参照のこと。

付2. SP-600回路図

通常は検波出力とAudio inとは
ジャンパで接続されている。

AVCは単に信号が端子に出ているのみ



R66(18kΩ)と並列に10kΩ

本機にはL53は
付いていませんでした

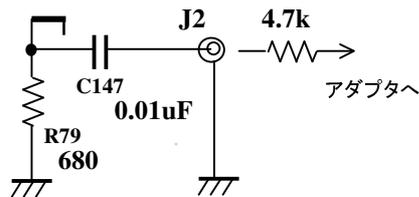


FIG. 13
CIRCUIT DIAGRAM OF RECEIVER

SP-600 検波、IF出力、AVC などの回路

付3. 回路図(部分、参考用)

